

## Einkopplung

Die Erfindung betrifft eine Einkopplung, insbesondere einen Übergang von einer koaxialen Leitung in einen luft- oder mit einem Dielektrikum gefüllten Hohlleiter.

Solche Einkopplungen sind bekannt und werden beispielsweise in Geräten verwendet, bei denen ein in einer entsprechenden Elektronikschaltung erzeugtes hochfrequentes elektromagnetisches Signal über ein Koaxialkabel von der Elektronikschaltung auf einen Hohlleiter oder Wellenleiter gegeben wird. Häufig wird dazu im bzw. am Hohlleiter eine Steckverbindung vorgesehen. Ein Innenleiter des Koaxialkabels wird im Innern des Hohlleiters als Erregerpin weitergeführt. Wie aus der Theorie der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen und insbesondere zu Hohlleitern bekannt, wird der im Koaxialkabel existierende TEM-Mode in den Grundmode  $TE_{11}$  des Hohlleiters umgewandelt.

Einkopplungen bzw. Anordnungen dieser Art zur Einkopplung elektromagnetischer Signale von einer Koaxialleitung in einen Hohlleiter werden in Geräten zur Ausbreitung und zum Empfang elektromagnetischer Signale verwendet, wie beispielsweise in funktechnischen Anlagen, in Abstandsmessgeräten, die nach dem Laufzeitverfahren arbeiten, und insbesondere in Füllstandsmessgeräten nach dem Laufzeitprinzip für die industrielle Messtechnik.

Bei herkömmlichen Einkopplungen wird beispielsweise von der Seite her in den Hohlleiter eingekoppelt, wobei der Innenleiter der Koaxialleitung als stift- oder pilzförmiger Erregerpin dazu dient, im Hohlleiter den  $TE_{11}$ -Mode anzuregen. Die seitliche Einkopplung erfordert eine äußere Steckverbindung und damit jedoch einen hohem Platzbedarf. Sie ist auch von der Montage her ungünstig. Die seitliche Einkopplung ist auch ungeeignet für direkte Einkopplung ohne HF-Kabel.

Es ist eine andere Einkopplung bekannt, bei der der Innenleiter des Koaxialkabels "von hinten" durch eine Rückwand des Hohlleiters in diesen hineinragt und in seinem Innern in Form einer Drahtschleife weitergeführt wird. Eine Spitze der Drahtschleife ist mit der Rückwand des Hohlleiters elektrisch verbunden. Diese Einkopplung ist wegen ihrer schwierigen HF-Anpassung und ihrer geringen Robustheit in der Fertigung ungünstig. Für viele Anwendungen ist sie ungeeignet, da sie schmalbandig ist.

Das US-Patent Nr. US-3,737,812 beschreibt noch eine andere Einkopplung "von hinten" in den Hohlleiter, bei der Innenleiter des Koaxialkabels in einer in den Hohlleiter hineinragenden stufenförmigen Geometrie aufgeweitet wird und im Innern

des Hohlleiters eine seitliche Wand elektrisch kontaktiert. Die Fertigung dieser Einkopplung ist sehr aufwändig und teuer und ihre HF-Anpassung nicht einfach.

[007] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Einkopplung anzugeben, die die oben beschriebenen Nachteile vermeidet, die insbesondere platzsparend ist, einfach und robust zu fertigen und die eine einfache HF-Anpassung erlaubt und die für breitbandige Anwendungen geeignet ist.

[008] Diese Aufgabe wird nach der Erfindung gelöst durch eine Anordnung für eine Einkopplung elektromagnetischer Signale von einer Koaxialleitung in einen Hohlleiter, wobei ein Innenleiter des Koaxialkabels in einer Rückwand des Hohlleiters mündet, der Innenleiter als Erregerpin im Hohlleiter weitergeführt wird, und eine von der Rückwand des Hohlleiters abgewandte Spitze des Erregerpins elektrisch leitend mit einer Seitenwand des Hohlleiters verbunden ist.

[009] Bei einer besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung weist der Hohlleiter eine zylindrische Bohrung auf.

[010] In einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung ist ein Hohlleiter mit einer konischen Bohrung vorgesehen.

[011] Bei noch einer anderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung mündet der Innenleiter des Koaxialkabels exzentrisch in die Rückwand des Hohlleiters.

[012] Noch weiter Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Anordnung sehen vor, dass die Bohrung des Hohlleiters mit einem dielektrischen Material, vorzugsweise einem Perfluor-Kunststoff, gefüllt ist.

[013] Der besondere Vorteil der Erfindung liegt darin, dass sie nicht nur platzsparend ist, sondern dadurch auch Material einspart. Sie ermöglicht eine gute und vor allem breitbandige HF-Anpassung sowie eine einfache und kostengünstige Herstellung. Durch den elektrischen Kontakt des Erregerpins mit einer Wand des Hohlleiters werden statische Aufladungen am Erregerpin.

[014] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen genauer erläutert und beschrieben, wobei auf die beigelegte Zeichnung verwiesen wird.

[015] Dabei zeigen :

[016] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Einkopplung  
[017] von einem Koaxialkabel in einen Hohlleiter;

[018] Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel einer Anordnung zur

[019] Einkopplung nach der Erfindung in einer Schnittdarstellung;

[020] Fig. 3 die Anordnung nach Fig. 2 in einer perspektivischen

- [021] Darstellung eines aufgeschnittenen Hohlleiters in  
[022] gegenüber Fig. 2 verkleinertem Maßstab; und  
[023] Fig. 4 die Anordnung nach Fig. 3 in einer perspektivischen  
[024] Darstellung als Blick von vorn in den Hohlleiter.  
[025] Zur Vereinfachung werden in der Zeichnung gleiche Bauteile, Module und Vorrichtungen mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.
- [026] Die schematische Darstellung der Fig. 1 dient zur allgemeinen Erläuterung der Anordnung 10 und der Vorgänge bei einer Einkopplung hochfrequenter elektromagnetischer Signale von einem Koaxialkabel 12 in einen Hohlleiter 14, beispielsweise einen Rundhohlleiter. Ein Innenleiter 16 des Koaxialkabels 12 mündet in einer Rückwand 18 des Hohlleiters 14. Der Innenleiter 16 ist als Erregerpin 20 im Hohlleiter 14 weitergeführt, und eine von der Rückwand 18 des Hohlleiters abgewandte Spitze 22 des Erregerpins 20 ist elektrisch leitend mit einer Seitenwand 24 des Hohlleiters 14 verbunden. Bekanntermaßen geht es dabei darum, die im Koaxialkabel 12 bestehende TEM-Welle in eine  $TE_{11}$ -Welle zu konvertieren. Dazu ist der Hohlleiter 14 so zu dimensionieren, dass keine höheren Moden ausbreitungsfähig sind außer TEM und  $TE_{11}$ , da sie die untersten existierenden Lösungen der MAXWELL-Gleichung darstellen. Die gestörte Rotationssymmetrie der Feldverteilung der TEM-Wellen führt zu einer asymmetrischen Feldverteilung von  $TE_{11}$ -Wellen. Reflexionen an Störstellen müssen destruktiv interferiert werden. Diese Vorgänge werden durch den Ablaufplan im oberen Teil der Fig. 1 veranschaulicht. Die Anordnung 10 ist zur Verdeutlichung noch in drei Abschnitte A, B, C unterteilt, wobei der Abschnitt einen Bereich darstellt, wo die TEM-Wellen ausbreitungsfähig sind, der Abschnitt B einen Bereich, wo TEM- und  $TE_{11}$ -Wellen ausbreitungsfähig sind, und der Abschnitt C einen Bereich,  $TE_{11}$ -Wellen ausbreitungsfähig sind.
- [027] Um gute Koppeleigenschaften zu erreichen, muss die Geometrie der Anordnung 10 so optimiert werden, dass sich die beiden reflektierten TEM-Wellen (siehe Schema im oberen Teil der Fig. 1) destruktiv interferieren, also bei einer Phasenverschiebung von  $\pi$ , und die transmittierten  $TE_{11}$ -Wellen konstruktiv interferieren, also bei einer Phasenverschiebung von  $2\pi$ .
- [028] Mit einem abrupten Übergang des Erregerpins 20 an der Seitenwand 24 des Hohlleiters 14 ist bei dem in Fig. 1 dargestellten Beispiel jedoch nur eine relativ geringe Bandbreite zu erreichen.
- [029] Die Erfindung löst diese Problem, indem sie den Übergang des Erregerpins 20 auf die Seitenwand 24 weicher als in Fig. 1 dargestellt, gestaltet.

- [030] In Fig. 2 ist eine solcherart gestaltete Anordnung 10 nach der Erfindung dargestellt, wobei auf die Darstellung des Koaxialkabels (siehe Fig. 1) verzichtet wurde. Der Innenleiter 16 des Koaxialkabels ist in sinnvollerweise in einer Glasdurchführung 28 in der Rückwand 18 des Hohlleiters geführt. Der Hohlleiter 14, beispielsweise ein Rundhohlleiter, ist vorzugsweise mit einem dielektrischen Material gefüllt, vorzugsweise mit einem Material aus Perfluor-Kunststoff, beispielsweise einem Polytetrafluorethylen oder Perfluoralkoxy-Copolymer. Der Erregerpin 20 ist als gerader Stift ausgeführt und verläuft im inneren des Hohlleiters unter einem Winkel geneigt gegenüber der Seitenwand 24. In dem Bereich, wo der Erregerpin 20 die Seitenwand 24 des Hohlleiters 14 elektrisch kontaktiert, ist in den, den Hohlleiter 14 ausfüllenden Zylinder 26 aus dielektrischem Material eine entsprechende Nut eingefräst, so dass der Zylinder 26 bei bereits vormontiertem Erregerpin 20 in den Hohlleiter 14 eingeschoben werden kann. Sinnvollerweise wird der Kontaktierung des Erregerpins 20 sehr viel Aufmerksamkeit gewidmet, da sie sehr sorgfältig ausgeführt werden muss. Sowohl an der Kontaktierung des Erregerpins 20 am Leiter 16 der Glasdurchführung 28 als an der Seitenwand 24 des Hohlleiters 14 fließt ein starker Leitungsstrom auf der Oberfläche.
- [031] Die Fig. 3 und 4 zeigen die erfindungsgemäße Anordnung 10 nach Fig. 2 in perspektivischen Darstellungen. Deutlich sind der Hohlleiter 14, seine Rückwand 18, der Erregerpin 20 und die Glasdurchführung 28 zu sehen. Für die Fig. 3 wurde eine Schnittdarstellung gewählt, wobei der Zylinder 26 (siehe Fig. 2) aus dielektrischem Material hier nicht dargestellt wird. Fig. 4 zeigt die Anordnung 10 in einer Ansicht von vorn, quasi in den Hohlleiter 14 hinein.
- [032] Alle drei Fig. 2, 3 und 4 zeigen deutlich, dass die Glasdurchführung 28 für den Innenleiter 16 des Koaxialkabels exzentrisch in der Rückwand 18 des Hohlleiters 14 angeordnet ist. Dementsprechend setzt auch der Erregerpin 20 im Innern des Hohlleiters 14 exzentrisch an der Rückwand 18 an.
- [033] Statt des hier beispielhaft für eine besondere Ausführungsform der Erfindung dargestellten Rundhohlleiters mit einer zylindrischen Bohrung können auch Hohlleiter mit einer konischen Bohrung verwendet werden.
- [034] Versuche haben gezeigt, dass die erfindungsgemäße Anordnung zur Einkopplung sehr gut für Füllstandsmessgeräte der industriellen Messtechnik geeignet ist, mit denen der Füllstand eines Mediums in einem Behälter oder Tank mittels hochfrequenter elektromagnetischer Messsignale, die zum Medium hin gesendet und an diesem reflektiert werden, und einer Auswertung nach dem Laufzeitprinzip bestimmt wird, verwendbar

**ist.**

## Ansprüche

- [001] 1. Anordnung (10) für eine Einkopplung elektromagnetischer Signale von einem Koaxialkabel (12) in einen Hohlleiter (14), wobei ein Innenleiter (16) des Koaxialkabels (12) in einer Rückwand (18) des Hohlleiters (14) mündet, der Innenleiter (16) als Erregerpin (20) im Hohlleiter (14) weitergeführt wird, und eine von der Rückwand (18) des Hohlleiters (14) abgewandte Spitze (22) des Erregerpins (20) elektrisch leitend mit einer Seitenwand (24) des Hohlleiters (14) verbunden ist.
- [002] 2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlleiter (14) eine zylindrische Bohrung aufweist.
- [003] 3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Hohlleiter (14) eine konische Bohrung aufweist.
- [004] 4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenleiter (16) des Koaxialkabels (12) exzentrisch in die Rückwand (18) des Hohlleiters (14) mündet.
- [005] 5. Anordnung nach einem der Ansprüche 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrung des Hohlleiters (14) mit einem dielektrischen Material (26) gefüllt ist.
- [006] 6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das dielektrische Material (26) ein Perfluor-Kunststoff ist.

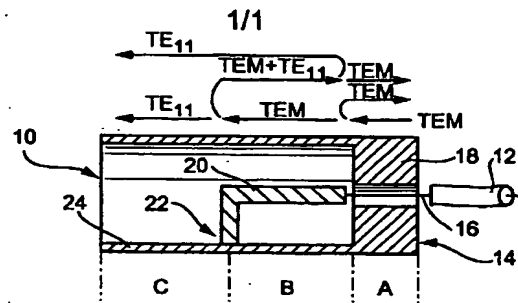


Fig. 1

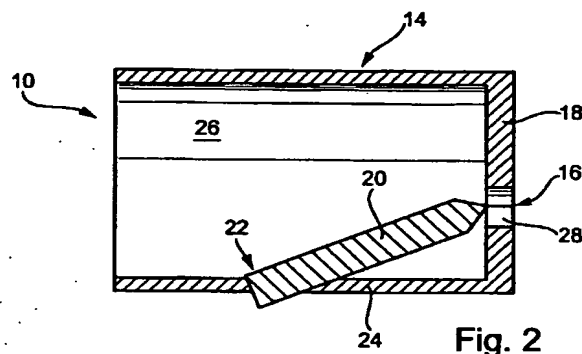


Fig. 2

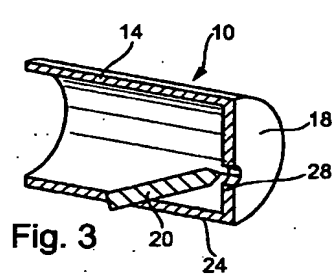


Fig. 3

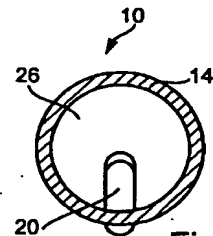


Fig. 4